

# Flugreisen mit Kindern

## Einführung

Trotz wirtschaftlicher und politischer Krisen in verschiedenen Teilen der Welt bleibt die Reiselust ungebrochen. Mit 53,4 Millionen Urlaubsreisenden und 1,7 Milliarden Reisetagen gehören die Deutschen – in absoluten Zahlen nach den Chinesen – zu den Reiselustmeistern (statista 2017). Obwohl insbesondere Familien mit kleineren Kindern Ziele in Deutschland oder im nahen Ausland bevorzugen, sind in den letzten Jahren zunehmend auch Kinder auf Fernreisen zu beobachten. Insbesondere bei Auslandsreisen war mit 55 % das Flugzeug das Hauptverkehrsmittel (statista 2017). Es ist somit davon auszugehen, daß eine Vielzahl von Kindern in den verschiedenen Altersstufen auf Kurz- Mittel- und Langstreckenflügen unterwegs ist. Die Auswirkungen des Fliegens auf den gesunden und kranken Organismus erfordern somit die Aufmerksamkeit des Kinderarztes und des reisemedizinisch oder allgemeinmedizinisch tätigen Arztes – insbesondere bei der Betreuung von Kindern und Jugendlichen.

## Flugphysiologisches Milieu an Bord

In der Flugzeugkabine herrschen besondere physiologische Bedingungen. Insbesondere ein verminderter Umgebungsdruck, reduzierter Sauerstoffpartialdruck und konsekutive milde Hypoxie sowie niedrige relative Luftfeuchtigkeit sind erwähnenswert. Weitere Faktoren sind u.a. eingeschränkte Mobilität und Zeitverschiebung. Die **Temperatur** an Bord wird durch die elektronisch gesteuerte Klimaanlage im behaglichen Bereich konstant gehalten. Eine Feinregulierung ist durch das Bordpersonal möglich.

## Tips für angenehme Flugreisen

Auch für gesunde erwachsene Passagiere und Kinder sind einige Hinweise für eine angenehme Flugreise hilfreich. Gerade Vielreisende und beruflich Reisende sind dankbar, wenn sie ausgeruht am Zielort ankommen und dort sogleich ihre Aufgaben aufnehmen können. Die folgende Tabelle faßt diese Hinweise kompakt zusammen:

### Allgemeine Empfehlungen für Flugreisen (ergänzt nach Siedenburg J (2015): Flugreisen im Alter. In: Siedenburg J, Küpper T (Hrsg): Moderne Flugmedizin. Gentner Verlag, Stuttgart)

- Reisegepäck auf das Nötigste beschränken
- frühzeitig am Flughafen eintreffen und Ballungszeiten vermeiden
- 12 h vor und während des Fluges blähende Speisen und Alkohol vermeiden
- bei Kinetoseanfälligkeit Sitzplatz in Höhe der Tragflächen, möglichst mittig wählen (ggf. Einnahme von Antikinetosa)
- bei Flugangst Fensterplätze vermeiden
- weitgeschnittene, nicht zu leichte oder zu warme Kleidung (Klima am Zielort beachten!)
- weites, bequemes Schuhzeug
- im Flugzeug stündlich aufstehen und Beine durchbewegen (Wadenpumpe!) und Beine möglichst hoch lagern
- ausreichende Flüssigkeitsaufnahme (durchschnittlich ca. 125 – 250 ml), möglichst keine koffein-, alkohol- oder kohlenstoffhaltigen Getränke
- Schlaftabletten vermeiden
- bei Tragen weicher Kontaktlinsen während des Fluges besser Brille oder harte Linsen verwenden
- bei Flügen nach Westen möglichst wach bleiben, nur kurzes Napping
- bei Flügen nach Osten i.S.e. verkürzten Nacht versuchen, möglichst viel zu schlafen
- Notfallapotheke und Ersatzbrille mitnehmen
- Bedarfsmedikation für die Zeit des Fluges im Handgepäck. Dauermedikation für die Reise in ausreichender Menge mitführen – jeweils Menge für die gesamte Reise jeweils im Handgepäck und im aufgegebenen Gepäck. Bei Mitführen von Spritzen und Kanülen auch entsprechendes Attest in Englisch!
- Informationen über med. Versorgung am Zielort einholen (insbes. Schrittmacher- oder AICD-Träger)
- Notfallausweis und Auslandskrankenversicherung mit Rückholversicherung
- Cave Exacerbation von vorbestehenden Grundleiden!
- in ersten Tagen am Zielort keine größeren Anstrengungen
- für Kinder Spiele, Lesematerial (wird z.T. auch von der Fluggesellschaft zur Verfügung gestellt) und elektronisches Spielzeug zur Ablenkung und Unterhaltung mitführen
- Kindern Abläufe wie Beladung des Flugzeuges, Start und Landung in altersgemäßer Weise erklären, auf Harmlosigkeit ungewöhnlicher Geräusche, Turbulenzen etc. hinweisen
- reisen die Eltern mit mehreren Kindern, dann sollten die Aufsicht und Beschäftigung der Kinder auf beide Elternteile verteilt werden

## Reisen mit Kindern

Bei der **Auswahl des Reiseziels** sollte auf die Bedürfnisse der begleitenden Kinder Rücksicht genommen werden. Eine Fernreise mag für Erwachsene ein unvergessliches Erlebnis sein, für Kinder kann sie zur Tortur werden. Flora und Fauna der Tropen, antike Monumente etc. werden von ihnen noch nicht entsprechend geschätzt. Der Ostseestrand ist für Kinder mindestens genauso interessant wie etwa der von Bora Bora und um einiges interessanter als etwa Inka-Ruinen in Macchu Picchu. Wichtig für den Urlaub in diesem Alter sind eher altersabhängige Erlebnisfähigkeit und Phantasie. Sowohl für Eltern

als auch für Kinder bietet ein Familienurlaub neben wohlverdienter Erholung auch die Möglichkeit, einander einmal durch 24-stündiges Zusammensein pro Tag näher kennenzulernen und die Bindungen innerhalb der Familie zu stabilisieren. Sollten die Eltern dennoch auf die erhsehnte Fernreise nicht verzichten können, so ist den Kindern evtl. mehr gedient, wenn sie während dieser Zeit Ferien bei den Großeltern machen. Auf Last-minute-Reisen mit der fehlenden Möglichkeit ausreichender ärztlicher Beratung, Aktualisierung des Impfstatus und Reisevorbereitung sollten Eltern mit Kindern verzichten. Insgesamt fordert der Urlaub mit Kindern den Eltern aufgrund der vielfältigen zu beachtenden Faktoren oft ein wesentlich höheres Maß an Kompetenz ab als der Alltag zu Hause.

## **Flugreisen**

Kinder dürfen generell fliegen, sofern sie gesund sind. Die fremde Umgebung, Warten im Flughafengebäude inmitten fremder Menschen, Aufenthalt in einem Passagierflugzeug, das Milieu einer Flugzeugkabine mit erniedrigtem Sauerstoffpartialdruck, sehr trockener Luft, Einschränkung des kindlichen Bewegungsdranges aufgrund der räumlichen Enge, Änderung des gewohnten Tagesablaufs und Zeitverschiebung bedeuten Streß für Kinder. Durch Aufklärung, kindgerechte Reiseziele und Beschäftigung der Kleinen während des Fluges kann der Flug jedoch zu einem angenehmen Erlebnis werden - für Kinder wie auch Eltern. Die Mitnahme von Lieblingsspielzeug und -kuscheltier, Malbüchern, Stiften etc. ist für den Zeitvertreib sinnvoll, einige Airlines stellen kleine Spiele zur Verfügung. Windeln und Unterwäsche zum Wechseln, Feuchtigkeitstücher sowie Decke und warme Oberbekleidung sind für die Nacht zu empfehlen. Auch Trinkflasche, Baby-Nahrung, kleine Snacks und Medikamente gehören in das Handgepäck. Baby-Körbe können auf bestimmten Sitzplätzen für Säuglinge auf Anforderung von der Fluggesellschaft zur Verfügung gestellt werden. Auf dem Schoß ihrer Eltern können Kinder bis zu zwei Jahren meist kostenfrei reisen. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß Kleinkinder bei Start und Landung durch einen am Sicherheitsgurt des Erwachsenen befestigten, zusätzlichen Gurt gesichert werden müssen. Nach US-amerikanischen Vorgaben dürfen Kleinkinder allerdings vor ihrem 2. Geburtstag auf dem Schoß eines angeschnallten Erwachsenen fliegen, wenn sie nicht selbst angeschnallt sind (U.S. Department of Transportation (2014): FAR 121.311, FAR 91.107. 14 CFR (Code of Federal Regulations), Federal Aviation Regulations. Newcastle, Washington). Im sehr seltenen Fall einer plötzlichen Abbremsung bei Startabbruch oder Notlandung mit Beschleunigungen bis zum 16-fachen der Erdbeschleunigung wäre das nicht angeschnallte Kleinkind aber nicht gesichert und könnte nicht gehalten werden. Sein Leben und auch das von anderen Mitpassagieren wäre bedroht. Durch den Zusatzgurt am elterlichen Sicherheitsgurt wäre das Kind zwar fixiert und könnte nicht durch die Flugzeugkabine geschleudert werden, allerdings zeigten Versuche mit Dummies, daß diese Fixierungsart ein hohes Risiko tödlicher Verletzungen birgt. Die Verwendung eines Kindersitzes mit Rückhaltesystem oder von bestimmten Typen von Kindersitzen fürs Auto (zuvor bei der jeweiligen Fluggesellschaft erkundigen) auf einem separaten Sitz sind deshalb aus Sicherheitsgründen zu empfehlen. Die Mehrkosten werden durch einen Gewinn an Sicherheit aufgewogen. Neugeborene sind in der Regel spätestens 7 Tage nach der Geburt flugreisetauglich. Bei Frühgeborenen ist hierbei der errechnete Geburtstermin maßgebend. Hier ist auf die Lungenreife zu achten. Für Säuglinge sind bei Fernflügen bei den meisten Fluggesellschaften entsprechende Körbe vorhanden. Den Eltern werden Sitzplätze in den ersten Sitzreihen eines Sitzkompartiments zugewiesen sodaß die Kinder in unmittelbarer Nähe sind und beobachtet werden können.

Die Eltern sollten ihren Kindern bereits vor dem Flug erklären, was bevorsteht und welche Erlebnisse auf sie zukommen. So können diese dem Flug erwartungsvoll als „ein Abenteuer“ entgegensehen und nehmen die Einschränkungen im Bewegungsdrang usw. nicht als solche wahr. Von Seiten der Fluggesellschaft werden spezielle Kindermenüs (rechtzeitig ordern), Spielzeug etc. angeboten.

Wegen der trockenen Luft an Bord ist auf eine ausreichende Trinkmenge zu achten, hierbei sollten jedoch kohlenstoffhaltige Getränke vermieden werden, da es im Darm durch den geringeren Außendruck zu Blähungen kommen kann. Koffeinhaltige Getränke, zu denen auch Cola zählt, sollten wegen ihrer diuretischen Wirkung ebenfalls vermieden werden.

Alleinreisende Kinder können mit Hilfe der entsprechenden Betreuungsdienste auf die Reise geschickt werden. Die Kinder werden von Mitarbeiterinnen am Abflugort in Empfang genommen, bis zum Abflug betreut und an Bord des entsprechenden Flugzeuges an eine Stewardess übergeben, die die Betreuung an Bord übernimmt. Am Zielort übernimmt wiederum der Betreuungsdienst die Kinder und übergibt sie an die Abholer. Für die Reisedokumente wird ein Brustbeutel mit großem Namensaufdruck zur Verfügung gestellt. An Bord gibt es neben zahlreichen Spielen auch kindgerechte Menüs.

Notwendige Medikamente sollten in ausreichender Menge mitgeführt werden. Es empfiehlt sich, einen für die voraussichtliche Dauer ausreichenden Vorrat jeweils sowohl im Handgepäck als auch im aufgegebenen Gepäck mit sich zu führen (wegen möglichen Verlustes). Diabetiker sollte das Insulin griffbereit sein, Dosis und Applikationsintervalle sind an die Zeitverschiebung anzupassen. Bei Asthma bronchiale ist zu beachten, daß durch trockene Luft Anfälle ausgelöst werden können, die Dosis des inhalierbaren Corticoids kann ggf erhöht werden, ein Betasympathomimetikum als Notfallmedikament sollte griffbereit sein.

## **Reisekrankheit**

Nicht nur bei Autofahren oder Seereisen, sondern auch bei Flugreisen sind Kinder besonders anfällig für Kinetosen. Diese beruhen auf einem Mißverhältnis zwischen bekannten und erwarteten Bewegungsmustern und tatsächlichen Reizen für das Vestibularsystem. Gegen Reisekrankheit gibt es auch heute noch kein Patentmittel, Möglichkeiten sind retro-auriculär applizierte Scopolamin-Pflaster oder Dimenhydrinat-Präparate etc. Für Kinder unter 4 Jahren empfehlen sich Zäpfchen mit Dimenhydrinat (z.B. Vomex A-Kinder-Suppositorien®), für Kinder zwischen 4 und 10 Jahren Dimenhydrinat-Kaugummis

(z.B. Superpep Reise-Kaugummi-Dragees®) und für ältere Kinder und Jugendliche Scopolamin-Pflaster (z.B. Scopoderm TTS®-Pflaster).

### **Zeitverschiebung**

Bei Reisen in Ost-West- oder West-Ost-Richtung ändert sich die Ortszeit bei einer Veränderung des Längengrades um jeweils 15 ° um eine Stunde. Das Mißverhältnis zwischen dieser durch eine Zeitverschiebung veränderten Ortszeit und dem durch die „innere Uhr“ vorgegebenen circadianen Rhythmus des Individuums sowie die unterschiedlich schnelle Anpassung der verschiedenen, internen circadianen Rhythmen verursachen den Jetlag. Dieser macht sich u.a. durch Müdigkeit, Erschöpfung, verminderte Leistungsfähigkeit, bei kleinen Kindern häufig auch durch weinerliches oder quengeliges Verhalten bemerkbar. Um dem Jetlag durch die Zeitverschiebung vorzubeugen, kann der Tagesablauf bereits vor der geplanten Reise in kleinen Schritten Richtung Ortszeit am Reiseziel umgestellt werden. Bei Flügen in Westrichtung, die hierbei besser toleriert werden, sollte im Flugzeug möglichst nicht geschlafen werden, der Tag verlängert sich, die normale Einschlafzeit sollte auch am Reiseziel entsprechend der dortigen Ortszeit beibehalten werden. Je älter Kinder sind, desto mehr gilt dieser Grundsatz. Jüngere Kinder werden naturgemäß einen Großteil des Fluges „verschlafen“. Bei Flügen in Ost-Richtung, oftmals Nachtflügen, sollte in der nun „verkürzten Nacht“ an Bord geschlafen werden. Die Resynchronisation kann auch durch Lichtexposition am Tage und durch Ernährung gefördert werden (kohlenhydratreiche Kost ist schlaffördernd, proteinreiche macht eher munter).

### **Verhalten bei akuten Erkrankungen**

Akute Infektionserkrankungen und damit auch Kinderkrankheiten schließen die Flugreise-tauglichkeit aus. Neben den entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen (internationale gesundheitspolizeiliche Vorschriften verbieten den Transport kontagiöser Patienten auf dem Luft- oder Seewege) sind weitere Gründe hierfür zum einen vor allem die Gefahr der Aggravierung der Erkrankung durch o.g. Streßfaktoren, zum anderen das Infektionsrisiko von unmittelbaren Sitznachbarn.

Fieber wird – u.a. als Reaktion auf verschiedenste Infektionserreger – durch pyrogene Zytokine wie IL 1, 6, 11, TNF  $\alpha$ , TNF  $\beta$ , Interferon  $\alpha$  und  $\gamma$  getriggert, die eine Sollwertverstellung des Temperaturzentrums im Hypothalamus bewirken, mit konsekutiver Steigerung der Körpertemperatur durch erhöhte Produktion und verminderte Abgabe von Körperwärme. Bei Kindern ist ein plötzlicher und starker Anstieg von Fieber häufig. Fieberhafte Erkrankungen führen außer den o.g. Gesichtspunkten durch gesteigerten Metabolismus und Rechtsverschiebung der Sauerstoffbindungskurve zu einer verminderten Hypoxietoleranz. Flugreisen sind deshalb auch aus diesem Grund zu vermeiden. Weiterhin ist bei Infekten der oberen Luftwege oder auch bei allergischen Schleimhautschwellungen der höchstwahrscheinlich fehlende Druckausgleich und damit das hohe Risiko von Barotraumen von Mittelohr und Nasennebenhöhlen zu beachten. Bei Kindern sind obere Atemwege, Sinus-Ostien und Tuben relativ englumiger als bei Erwachsenen. Auch Adenoide und allergische Schleimhautschwellungen können die Belüftung von Mittelohr und Nasennebenhöhlen behindern. Das Risiko von Barotraumen nimmt mit zunehmendem Alter der Kinder ab. Der Druckausgleich zwischen Sinus und Mittelohr einerseits und Außendruck andererseits kann deshalb, insbesondere im Sinkflug, bei Kindern erschwert sein, Folge sind entsprechende Schmerzen. Der Druckausgleich kann bei Säuglingen durch Trinken aus der Flasche, bei älteren Kindern durch Lutschen von Bonbons, Kaugummi-Kauen oder Aufblasen eines Luftballons gefördert werden. Im Handel ist hierzu ein Ballon mit Nasen-Olive erhältlich (Otovent Nasal Balloon®). Das Kind wird aufgefordert, mit der Nase den Ballon aufzublasen. Das Valsalva-Manöver sollte ggf. angewandt werden können, wenn der Druckausgleich im Landeanflug nicht spontan erfolgt. Viele Kinder kennen dieses Manöver vom Schwimmunterricht her, wo sie es beim Tauchen anwenden. Bei Infekten der oberen Luftwege können abschwellende Nasentropfen (z.B. Xylametazolin) hilfreich sein, sie sollten etwa 30 Minuten vor der Landung zur Anwendung kommen. Bei ausgeprägten Infekten sollte der Flug jedoch verschoben werden. Vor dem Flug kann durch ein Valsalva-Manöver (führt zu einem dumpfen, watteartigen Gefühl in beiden Ohren) und anschließendes Schlucken (Überdruck entweicht über Tuba auditiva aus beiden Mittelohren) getestet werden, ob für den Flug bzw. die Landung Probleme zu erwarten sind. Sollten die beschriebenen Reaktionen nicht möglich sein, so ist von einem Flug abzuraten.

Fieberkrämpfe sind oft selbstlimitierend mit einer Dauer von ca. 10 Minuten. Bei längerdauernden Anfällen wird die Gabe von Diazepam-Rektiolen empfohlen. Bei Fieber-bedingter, exogener Psychose („Fieberwahn“) werden fiebersenkenden Maßnahmen wie physikalische Maßnahmen wie Wadenwickel oder kühle Bäder, bei hohem Fieber auch medikamentöse Fiebersenkung durch Paracetamol (Dosierung altersentsprechend), ab 16 Jahren auch mit Acetylsalicylsäure. empfohlen (Novaminsulfon ist nur Mittel der zweiten Wahl) (Holtmann H (2002): Fieberwahn und Fieberkrämpfe. Flug- u. Reisemed. 3 / 2002: 22 – 23).

Für den Fall von Unfällen wie auch von weiteren akuten Erkrankungen sollten Adressen deutschsprechender Ärzte am Urlaubsort bekannt sein. Adressen der Lufthansa-Vertragsärzte (an jedem Ort, den Lufthansa, Condor oder CityLine anfliegen) können über das Lufthansa-Büro vor Ort erfragt werden. Da Krankenkassen oftmals Arztkosten vor Ort gar nicht oder nur zum Teil erstatten wird der Abschluß einer kombinierten Reisegepäck- Kranken- und Reiserückholversicherung empfohlen. Diese erstattet auch die Kosten eines evtl. medizinisch erforderlichen Rücktransports in die Heimat.

### **Verhalten bei vorbestehenden und chronischen Erkrankungen**

Kranke Passagiere und auch kranke Kinder können bereits am Boden betreut werden. Rollstühle stehen in den meisten Flughafengebäuden zur Verfügung, für den Transport zum Sitzplatz im Flugzeug steht ein Bordrollstuhl zur Verfügung. Für liegend zu transportierende Patienten kann ein sog. Stretcher angefordert werden. Hierbei handelt es sich um eine durch einen Vorhang von der übrigen Kabine abgetrennte, im hinteren Teil des Flugzeuges installierte Trage. Für Schwerkranke oder gar

intensivpflichtige Patienten steht schließlich das sog. PTC (Patient Transport Compartment) zur Verfügung, ein durch Wände von der übrigen Kabine abgetrenntes Abteil mit Liege für den Patienten, Platz für begleitenden Arzt und Rettungssanitäter und entsprechender technischer Ausstattung für die Intensivtherapie.

Einschränkungen der Flugreisetauglichkeit können sich aus verschiedenen Erkrankungen ergeben (z.B. cardiopulmonale Erkrankungen mit Verminderung des  $paO_2 < 70\%$ , der  $SO_2 < 85\%$ , der  $VK < 70\%$ , manifester Herzinsuffizienz, Anämien mit  $Hb < 9 \text{ g/dl}$ , bei bestimmten neuropsychiatrische Erkrankungen, Verletzungen, nach bestimmten Operationen). In diesen Fällen sollte bei der Buchung durch das Reisebüro der medizinische Dienst der Fluggesellschaft kontaktiert werden (Medizinischer Dienst der Lufthansa in Frankfurt). Die Reisebüros knüpfen die entsprechenden Kontakte, mit dem sog. MEDA-Formular werden die relevanten Informationen vom behandelnden Kollegen an den Kollegen des medizinischen Dienstes weitergegeben, der sein "okay" gibt oder ggf. ergänzende Maßnahmen empfiehlt.

**Asthma bronchiale** ist sehr häufig, ca. 10 % der Kinder und 5 % der Erwachsenen sind betroffen (Virchow JC (2010): Asthma – historical development current status and perspectives. Pneumologie 64: 541 – 549). Bei Asthma bronchiale kann trockene und kalte Luft, insbesondere bei hypoxie-bedingter Hyperventilation, einen Anfall triggern. Die Notfallmedikation (SABA = short acting beta agonists) sollte für alle Eventualitäten zur Hand sein. Bei **interstitiellen Lungenerkrankungen** besteht bei hochgradigen Einschränkungen der Diffusionskapazität keine Flugreisetauglichkeit (Domej W (2010): Lungenerkrankungen und Höhe. In: Küpper T, Ebel K, Gieseler U (2010): Moderne Berg- und Höhenmedizin. Gentner-Verlag, Stuttgart: 480 – 492).

**Zystische Fibrose** (Mukoviszidose) ist eine autosomal-rezessiv vererbte Stoffwechselerkrankung mit Störungen des cellulären, transmembranösen Elektrolyttransports, bei der die Ionenkanäle für Chlorid und Bikarbonat beteiligt sind. Ursache sind Mutationen des CFTR- (cystic fibrosis transmembrane conductance regulator) - Gens. Sekrete weisen eine erhöhte Viskosität auf und es kommt zu Multiorganveränderungen - insbesondere in der Lunge. Die eingedickten Sekrete führen hier zur Bildung von Biofilmen, bakterieller Besiedlung, Entzündungsvorgängen und konsekutiver Zerstörung des umgebenden Gewebes. Betroffen sind Alveolen, Bronchiolen und Bronchien, es kommt u.a. zu Bronchiektasien und zu zunehmender respiratorischer Partial- und Globalinsuffizienz. Häufige Problemkeime sind Pseudomonas aeruginosa und Staph. aureus. Komplikationen sind u.a. Pneumothorax, respiratorische Insuffizienz, die alle für den Lufttransport relevant werden können. Die fortgeschrittene respiratorische Partialinsuffizienz wird mit Sauerstoff, die Globalinsuffizienz mit nichtinvasiver Beatmung behandelt (Schwarz C, Staab D (2015): Zystische Fibrose und ihre Komplikationen. Internist 56; 3: 263 - 274). Patienten sollten ihre Medikation zur Hand haben, Physiotherapie wird bei Zwischenlandungen empfohlen. Vernebler-Therapie mit Antibiotika oder DNase ist während des Fluges nicht möglich und nicht nötig (Coker R (2002): Air Travel and Respiratory Disease. Presentation Presentation at IATA Conference on Cabin Health, Geneva, 2002). Auch bei zystischer Fibrose muß ggf. die pulmonale Situation beurteilt werden. Grund ist die unter Hypoxie zu erwartende Entsättigung während des Fluges in der Flugzeugkabine. Diese ist abhängig von der Schwere der Erkrankung. Die Hypoxie scheint generell gut toleriert zu werden. Es hat sich gezeigt, daß bei einem  $pO_2$  von  $< 7,0 \text{ kPa}$  mit einer FEV1 von  $> 50 \%$  eine bessere Lungenfunktion vorlag als bei einem  $pO_2$  von  $> 7,0 \text{ kPa}$  mit einem FEV1 von  $< 50 \%$ . Insgesamt ist bei körperlicher Belastung ein weiterer Abfall der Sättigung zu erwarten. Es wird empfohlen bei einer FEV1  $< 50 \%$  einen HCT (hypoxic challenge test, s.u.) durchführen zu lassen und sich bezüglich des Bedarfs an Zusatzsauerstoff an dessen Ergebnis zu orientieren (Spoorenberg ME, van den Oord MHAN, Meeuwse T et al (2016): Fitness to fly testing in patients with congenital heart and lung disease. AMHP 87; 1: 54 - 60).

Bei sonstigen **angeborenen Lungenerkrankungen** besteht ebenfalls das Risiko für eine Entsättigung unter Hypoxie. Das Risiko dafür ist mit der Schwere der Lungenerkrankung korreliert. Es wird empfohlen bei einer  $SO_2$  von  $< 85 \%$  einen HCT durchführen zu lassen (Spoorenberg ME, van den Oord MHAN, Meeuwse T et al (2016): Fitness to fly testing in patients with congenital heart and lung disease. AMHP 87; 1: 54 - 60). Bei Kindern mit Lungenerkrankungen und angeborenen Herzfehlern gilt der HCT als sicher und erlaubt bei physischer Belastung während des Tests auch eine –Aussage über die Oxygenierung bei physischer Aktivität an Bord (Spoorenberg ME, Hulzebos EHJ, Taken T (2016): Feasibility of hypoxic challenge testing in children and adolescents with congenital heart and lung disease. AMHP 87; 12: 1004 – 1009). Andere Autoren bezweifeln, ob sich durch einen Test und wenn ja durch welchen der Bedarf an Zusatzsauerstoff bei jungen Kindern prognostizieren läßt (Resnick SM, Hall GL, Simmery KN et al (2008): The hypoxia challenge test does not accurately predict hypoxia in flight in ex-preterm neonates. Chest 133; 5: 1161 - 1166). Kinder mit angeborenen oder chronischen Lungenerkrankungen sollten aber insbesondere dann mit HCT untersucht werden, wenn schwere Veränderungen vorliegen oder sie noch sehr jung sind. Der cut off-Wert, um einen HCT durchführen zu lassen beträgt bei der  $SO_2$  85 %. Eine normale  $SO_2$  bei Raumluft bietet jedoch keine hinreichende Sicherheit. Bei Kindern  $< 1 \text{ a}$  wird ein HCT empfohlen, bei 1 -2 a eine Untersuchung durch den Pädiater. ein HCT wird ggf. empfohlen abhängig von der aktuellen Atemfunktion. Wenn in den letzten 6 Monaten eine Sauerstoff-Langzeit-Therapie durchgeführt wurde, wird ebenfalls ein HCT empfohlen (Spoorenberg ME, van den Oord MHAN, Meeuwse T et al (2016): Fitness to fly testing in patients with congenital heart and lung disease. AMHP 87; 1: 54 - 60).

Die **Flugreisetauglichkeit** sollte mittels Blutgasanalyse und Lungenfunktion (Spirometrie) beurteilt werden. Hierbei ist eine mittels Pulsoxymetrie bestimmte Sauerstoffsättigung kein zuverlässiger Ersatz. Sie ermöglicht keine ausreichende bzw. zuverlässige Einschätzung der Oxygenierung. Zahlreiche Einflußfaktoren können das Bild verfälschen. Hierbei sind insbesondere natürlich die Risiken einer falsch hohen Anzeige zu beachten (Co-Hb, MethHb, Erschütterungen und Bewegungen bei der Messung sind in diesem Zusammenhang ungünstig). Eine noch zuverlässigere Einschätzung ist möglich, wenn auch noch eine Blutgasanalyse nach Belastung die in Ruhe ergänzt. Auch eine Messung der Diffusionskapazität kann ggf. hilfreich sein, insbesondere bei der Einschätzung von Krankheitsbildern wie interstieller Lungenerkrankung. Bei Anämien kann eine Berechnung des arteriellen Sauerstoffgehaltes ( $c_aO_2$ ) aus Parametern von Blutbild und Blutgasanalyse

eine genauere Beurteilung der Oxygenierung ermöglichen (Domej W, Haditsch B, Schwabeger G (2011): Kritische Beurteilung der O<sub>2</sub>-Versorgung des Organismus durch Pulsoxymetrie. Alpinmed Rundbr 44, 2011: 14 - 15):

$$c_aO_2 = (1,34 \times Hb \times S_aO_2) + (0,003 \times p_aO_2)$$

**Mindestvoraussetzungen** für eine Flugreise sind S<sub>a</sub>O<sub>2</sub> von 85 %, p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> von 70 mm Hg, VK von 3 l und FEV1 von 70%. Bei Unterschreitung der Grenzwerte ist während des Flugs die Gabe von Sauerstoff nötig. Unterhalb eines p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> von 60 mm Hg in Meereshöhe wird empfohlen, von einer Flugreise Abstand zu nehmen (vitale Bedrohung bei evtl. Funktionsstörung oder Ausfall oder Sauerstoffversorgung).

Oftmals wird die **cardiorespiratorische Leistungsfähigkeit** und damit die Frage eines Fluges mit oder ohne Zusatz-Sauerstoff durch die Fähigkeit abgeschätzt, eine Gehstrecke von 50 Metern ohne Auftreten einer Dyspnoe bewältigen zu können (Brit. Thoracic Society, 2002). Dieser Test ist jedoch kaum standardisiert. Alternativ wird ein Gehstest über 5 Minuten mit Messung der Sauerstoffsättigung bei Patienten mit COPD und interstitiellen Lungenerkrankungen empfohlen (Chetta A, Castagnetti C, Aiello M et al. (2007): Walking Capacity and Fitness to Fly in Patients with Chronic Respiratory Disease. AvSpaceEnvironMed 78;8: 789 – 792). Eine rechnerische Abschätzung des im Fluge zu erwartenden pO<sub>2</sub> ist auch mit o.g. Formel möglich.

Die Schwelle, ab der eine Hypoxie bei einer bestimmten Krankheitsdisposition ein gesundheitliches Risiko darstellt, ist ungewiß. Weiterhin ist unklar, ob das Risiko vom Nadir der Oxygenierung, der Dauer der Hypoxie oder einer Kombination beider abhängt. Ein p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> von 50 mm Hg während des Fluges wird als kritisch angesehen (Brit. Thoracic Society Standards of Care Committee (2002). Managing passengers with respiratory distress planning air travel: Brit. Thoracic Society recommendations. Thorax 2002; 57: 289 – 304). Die p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> sollte während des Fluges in allen Höhen 50 – 55 mm Hg nicht unterschreiten (Mortazavi A, Eisenberg MJ, Langleben D, Ernst P, Schiff RL (2003): Altitude-related hypoxia: risk assessment and management for passengers on commercial aircraft. AviatSpaceEnvironMed 74; 74: 922 – 927). Eine Sättigung von mehr als 90 % im Fluge soll ein p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> von mehr als 50 mm Hg gewährleisten. Für Hochrisiko-Patienten sollte die Oxygenation im Fluge so gut wie am Boden bleiben (Dillard TA, Bansal AK (2007). Commentary: Pulse Oxymetry during airline travel. AviatSpaceEnvironMed 78 (2): 143 – 144).

Die British Thoracic Society empfiehlt bereits unterhalb einer – mit Pulsoxymetrie gemessenen - Sättigung von 92 % die Sauerstoffgabe, bei einer S<sub>a</sub>O<sub>2</sub> oberhalb von 95 % sei eine Sauerstoffgabe nicht erforderlich. Zwischen 92 - 95 % wird bei Vorliegen von Risikofaktoren Sauerstoffgabe empfohlen. Liegen in diesem Bereich keine Risikofaktoren vor, so wird Testung mit Sauerstoffmangelatmung vorgeschlagen; bei Absinken des pO<sub>2</sub> unter 60 mmHg wird ebenfalls O<sub>2</sub>-Gabe empfohlen. Es wird betont, daß keine wissenschaftliche Evidenz für die Empfehlungen vorliegt, diese dienen lediglich der Orientierung in der Praxis (Brit. Thoracic Society, 2002). Diesen Empfehlungen wurde entgegengehalten, daß selbst bei einer Sättigung von > 95 % in Meereshöhe ein Abfall unterhalb 50 mm Hg nicht auszuschließen ist. Die Prognose über p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> und Sauerstoffsättigung im Flug ist schwierig. Die Sauerstoffsättigung oder die p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> am Boden erlaubt wie erwähnt keine verlässliche Vorhersage über die p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> im Fluge. Verschiedene Formeln (s.o.) oder Methoden zur Einschätzung wurden vorgeschlagen. Insgesamt beruhen die Empfehlungen auf kleineren Studien, die Dauer der Exposition, reisebedingten Streß, Komorbidität, die in den meisten Fällen wohl vorliegen und entscheidenden Einfluß haben dürfte, etc. nicht berücksichtigen (Akerø A, Christensen CC, Edvardsen A, Ryg M, Skjønsberg OH (2008): Pulse oxymetry in the preflight evaluation of patients with chronic obstructive pulmonary disease. AvSpaceEnvironMed 2008; 79: 518 – 524; Mortazavi A, 2003). Wegen dieser Einschränkungen sollte die Flugreisetauglichkeit statt mit einer Pulsoxymetrie mittels Blutgasanalyse und Lungenfunktion (Spirometrie) beurteilt werden. Die eingangs aufgeführten, **empirischen Anhaltswerte** haben sich für die Praxis als brauchbar erwiesen (S<sub>a</sub>O<sub>2</sub> von mindestens 85 % und eine p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> von mindestens 70 mm Hg. Wenn bei Unterschreiten dieser Werte mit Zusatzsauerstoff geflogen werden soll, so sollte jedoch eine p<sub>a</sub>O<sub>2</sub> von 60 mm Hg nicht unterschritten werden, um bei einem evtl. Ausfall des Gerätes während des Fluges den Patienten nicht zu gefährden).

Am Boden bzw. in Meereshöhe bestimmte pO<sub>2</sub>-Werte (pO<sub>2</sub>SL: pO<sub>2</sub> at Sea Level) erlauben allein ohne Weiteres keine genaue Vorhersage über die in der Höhe zu erwartenden Werte bzw. den Sauerstoffbedarf in der Höhe (George PM, Orton C, Ward S et al (2016): Hypoxic challenge testing for fitness to fly with severe asthma. AMHP 87; 6: 571 - 574). Insbesondere unter Zufuhr von Sauerstoff gemessene Werte sind irreführend. So lassen sich bei schwerer Partialinsuffizienz mit einem pO<sub>2</sub> von 58,7 mm Hg unter 2 - 3 l Sauerstoff / min durchaus pO<sub>2</sub>-Werte von 135 mm Hg messen. Diese scheinbar „ausgezeichneten“ Werte täuschen jedoch eine falsche Sicherheit vor, die die tatsächlich sehr grenzwertige Versorgung nur verschleiern. Dennoch gibt es verschiedene Möglichkeiten, um die Sauerstoffversorgung in der Höhe im individuellen Fall abzuschätzen. Eine ist die Regressionsformel nach der American Thoracic Society, aus der der in der Höhe zu erwartende arterielle Sauerstoffpartialdruck paO<sub>2</sub>ALT bei Kenntnis des Partialdrucks in Meereshöhe paO<sub>2</sub>SL abgeschätzt werden kann (Domej W (2010): Lungenerkrankungen und Höhe. In: Küpper T, Ebel K, Gieseler U (2010): Moderne Berg- und Höhenmedizin. Gentner-Verlag, Stuttgart: 480 – 492):

$$paO_{2ALT} = 22,8 - 0,009 \times \text{Höhe (m)} + 0,68 \times paO_{2SL}$$

Eine andere ist eine Abschätzung bei Kenntnis von pO<sub>2</sub>SL, pCO<sub>2</sub>SL (Partialdruckwerte in Meereshöhe Sea Level) und Höhe (Alt in ft) möglich (bei Gesunden ist die pO<sub>2</sub>SL im Gegensatz zur pCO<sub>2</sub>SL altersabhängig, bei COPD sind beide Parameter

nicht altersabhängig) (Muhm JM (2004): Predicted Arterial Oxygenation at Commercial Aircraft Cabin Altitudes. AvSpEnvMed 75 (10): 905 - 912):

$$\text{paO}_{2\text{ALT}} = 1,59 + 0,98 \times \text{paO}_{2\text{SL}} + 0,0031 \times \text{Alt} - 0,000061 \times \text{paO}_{2\text{SL}} \times \text{Alt} \\ - 0,000065 \times \text{paCO}_{2\text{SL}} \times \text{Alt} + 0,00000092 \times \text{Alt}^2$$

Eine andere Möglichkeit, die aber wegen ihres Aufwands nur speziellen Fragestellungen vorbehalten bleiben wird, ist die Beobachtung und Untersuchung der entsprechenden Patienten unter Simulation der Höhe. Hierbei stehen Unterdruckkammern mit Simulation der Höhe durch Unterdruck (**hypobare Hypoxie**) oder ein Simulationstest mit Sauerstoffmangel-Gasgemisch im Sinne eines **HCT** (hypoxic challenge test) zur Verfügung (high altitude simulation test – **HAST**) (**normobare Hypoxie**) zur Verfügung. Beide Verfahren werden auch im Rahmen des Höhentrainings eingesetzt. Eine Kabinendruckhöhe zwischen 5000 und 8000 ft (1524 – 2438 m) kann durch Einatmung eines Atemgas-Gemisches mit nur 15 – 17 % Sauerstoff unter Druck in Meereshöhe simuliert werden (Ahmedzai S, Balfour-Lynn IM, Bewick T et al (2011): British Thoracic Society Standards of Care Committee. Managing passengers with stable respiratory disease planning air travel. British Thoracic Society recommendations. Thorax 66 (Suppl 1): i1 – i30). Es wird hierfür die Atmung eines Gemisches mit einem Sauerstoff-Gehalt von nur 15,1 % über 20 Minuten vorgeschlagen (erst nach 20 Minuten ist auch bei COPD wegen einer inhomogenen pulmonalen Gasverteilung ein Equilibrium erreicht). Der O<sub>2</sub>-Anteil im Atemluftgemisch wird durch das Hinzufügen von Stickstoff reduziert (Richard NA, Koehle MS (2012): Differences in cardio-ventilatory responses to hypobaric and normobaric hypoxia: a review. ASEM 83; 7: 677 – 684). Wenn Patienten ein solches Gemisch mit 15,1 % Sauerstoff atmen, liegt der pO<sub>2</sub> bei ca. 110 mm Hg, entsprechend einer Höhe von 8000 ft (Hampson NB, Kregenow DA, Mahoney AM et al (2013): Altitude exposure during commercial flights: a reappraisal. ASEM 84; 1: 27 – 31).

Für die intermittierende O<sub>2</sub>-Gabe bieten sich von der Airline gestellte Sauerstoffflaschen an (bei ununterbrochener Gabe von 2 l/min Kapazität von ca. 150 Minuten, bei Verwendung eines Demand-Ventils wie beim Wenoll-Gerät bis zu 14 Stunden), für die permanente Gabe ein Sauerstoff-Konzentrator (früher nur Permax- oder Airsep-Gerät an Bord zugelassen, heute eine Vielzahl weiterer Geräte, wenn sie batteriebetrieben sind). Wegen gesetzlicher Vorgaben durften bis vor kurzem nur solche, ausschließlich luftfahrttechnisch geprüften Geräte an Bord von Luftfahrzeugen betrieben werden. Die zugelassene Technik wird von einigen Fluggesellschaften, z.B. von Lufthansa, vorgehalten und kann gegen eine Gebühr angefordert werden. Eigene Geräte oder Sauerstoffflaschen konnten jedoch als Gepäck transportiert werden, wobei O<sub>2</sub>-Flaschen vorher zu entleeren sind. Mittlerweile sind auch bestimmte eigene Geräte zur Benutzung während der Flugreise zugelassen. Neuerdings verwendet die Lufthansa Sauerstoffflaschen mit einem Demandventil, die eine ausreichende Sauerstoffversorgung auch auf Langstreckenflügen ermöglichen. Bei Gabe von 4 l / min 100 % O<sub>2</sub> unter Bordbedingungen (Kabinendruckhöhe von max. 8000 ft) wird eine physiologische Höhe entsprechend Luftatmung geringfügig über Seehöhe erreicht (Informationsdatenbank bei [www.de.european-lung-foundation.org/index.php?id=12409](http://www.de.european-lung-foundation.org/index.php?id=12409)). Über die Regeln der verschiedenen Fluggesellschaften über den Betrieb und die Mitnahme von Sauerstoffgeräten informiert eine Website der European Lung Foundation ([www.de.european-lung-foundation.org/index.php?id=12409](http://www.de.european-lung-foundation.org/index.php?id=12409)). Bei der Verwendung von diesem sog. In-flight Oxygen ist auch die Möglichkeit einer Atemdepression zu bedenken: bei hyperkapnischen Patienten wird die Atmung - anders als beim Gesunden - nicht mehr über das pCO<sub>2</sub>, sondern über die Hypoxie gesteuert. Die Sauerstoffgabe würde deshalb den Atemreiz vermindern. Bei solchen Patienten wird deshalb eine Kapnometrie empfohlen (Spurling KJ, Perks JL (2016): Hypercapnic respiratory during an in-flight oxygen assessment. AMHP 87; 2: 144 - 147).

Jörg Siedenburg

## Literatur

- Siedenburg J (2010): Kompendium Flug- und Reisemedizin. BOD, Norderstedt
- Siedenburg J (2015) Flugreisetauglichkeit. In: Siedenburg J, Küpper T (Hrsg): Moderne Flugmedizin. Gentner Verlag, Stuttgart
- Siedenburg J (2018): Flugreisen bei Kindern. Kinder- und Jugendmedizin 6/2018: 428 - 428